

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vlissingen

bibliotheek
rijkswaterstaat
adviesdienst hoorn

no: C 2472

nota WWKZ- 82.V004

Aanslibbing bouwdok
Westerschelde Oever
Verbinding.

projectcode							
V	8	1	0	7	A	1	5

auteur(s) : ing. D.C. van Maldegem

datum : februari 1982

bijlagen : 5

samenvatting : Ten behoeve van de aanleg van de Westerschelde Oever Verbinding is de aanslibbing van het "open" bouwdok voor de tunnelelementen berekend. Gevonden werd ca. 0,70 m in de periode januari t/m augustus (1985).

Inhoudsopgave

	<u>blz</u>
1. Inleiding.	1
2. De slibconcentratie nabij het bouwdok.	2
3. Aanslibbingsberekeningen.	3
3.1 Algemeen.	3
3.2 Benadering met het totale uitwisselingsdebiet.	4
3.2.1 Debiet ten gevolge van komvulling.	5
3.2.2 Debiet ten gevolge van neren.	6
3.2.3 Debiet ten gevolge van dichtheidsverschillen.	7
3.2.4 Totaal debiet.	10
3.2.5 Aanslibbing.	11
3.3 Benadering met de valsnelheid van slib.	13
4. Vergelijking met de methode van het Waterloopkundig Laboratorium voor de haven van Hansweert.	15
5. Vergelijking van de berekende aanslibbing met de aan- slibbing van andere havens.	17
6. Samenvatting en conclusies.	18
Appendix A.	19
Symbolenlijst.	21
Bijlagenlijst.	24
Literatuurlijst.	25

1. Inleiding.

Bij de aanleg van de Westerschelde Oever Verbinding (W.O.V.) worden de tunnelementen in een bouwdok gemaakt. Deze nota geeft een indruk van de mogelijke aanslibbing van het bouwdok in de periode van het uitvaren van de tunnelementen. Zodoende kunnen eventuele maatregelen worden genomen in verband met het uitvaren van deze elementen. Bijlage 1 geeft een overzicht van de situering.

Door de bouw van het werkeiland (incl. bouwdok) op de Platen van Ossenissee zullen de huidige stroomsnelheden/-richtingen ter plaatse van de toekomstige ingang van het bouwdok veranderen. De Adviesdienst Vlissingen heeft het stroombeeld in het tracé van de tunnels vastgelegd met behulp van zogenaamde Flachseestroommeters (continue registratie op vaste hoogte boven de bodem) en incidentele stroommetingen in de verticaal (gedurende één getij).

In het Waterloopkundig Laboratorium zijn verschillende facetten van de bouw van de tunnel in een hydraulisch permanentie-model onderzocht. Ter plaatse van de te maken ingang van het bouwdok zijn in dit model foto's gemaakt van het stroombeeld met behulp van oppervlakte- en 4m-drijvers tijdens het getij van 16 oktober 1980 (opname maximale vloed- en ebstroom).

Na de bouw van de tunnelementen wordt de kade van het bouwdok nabij het tunneltracé doorgebaggerd tot een diepte van N.A.P. -14 m en een breedte van ruim 100 m, de elementen blijven door ballasten aan de bodem van het bouwdok gefixeerd waardoor de bovenkanten boven een waterstand van N.A.P. -0,75 m worden overspoeld. Door deze opening worden in de loop van het zomerhalfjaar de (drijvende) elementen uitgevaren naar de plaats van bestemming. In de periode vanaf de opening van het bouwdok zal in het bouwdok afzetting van slibdeeltjes plaatsvinden ten gevolge van processen zoals komvulling, uitwisseling door neren in de ingang en dichtheidsverschillen tussen het slibrijke water in de Westerschelde en het bouwdok. Deze afzetting van slibdeeltjes kan hinder geven bij het uitvoeren van de tunnelementen. Mogelijk geeft dit aanleiding tot onderhoudsbaggerwerken.

De indeling van deze nota is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt de slibconcentratie nabij het bouwdok behandeld. Hoofdstuk 3 omvat benaderingen volgens welke de aanslibbing kan worden berekend. In hoofdstuk 4 worden de berekeningsmethoden uit hoofdstuk 3 vergeleken met de methode, die het Waterloopkundig Laboratorium voor de Haven van Hansweert heeft toegepast. Vervolgens worden de resultaten van de aanslibbingsberekeningen vergeleken met de aanslibbing van nabijgelegen havens (hoofdstuk 5). Tenslotte wordt in hoofdstuk 6 de samenvatting en conclusies gegeven.

2. De slibconcentratie nabij het bouwdok.

In tabel 1 zijn per maand de maandgemiddelde slibconcentraties van de oppervlaktebemonsteringen van het meetpunt boei 49 (Zuidergat) gegeven. Deze concentraties zijn een gemiddelde over de periode 1973 t/m 1979.

Uit [1] blijkt dat de verhouding tussen de oppervlakteconcentratie ($\bar{C}_O$) en de concentratie gemiddeld over de verticaal ($\bar{C}_V$) nabij boei 49 als volgt is:

$$\bar{C}_O/\bar{C}_V = 0,34 \text{ voor de zomer (april t/m september)}$$

$$\bar{C}_O/\bar{C}_V = 0,55 \text{ voor de winter (oktober t/m maart)}$$

Deze coëfficiënten zijn toegepast op de oppervlakteconcentraties. De aldus berekende concentraties gemiddeld over de verticaal zijn ook in tabel 1 vermeld.

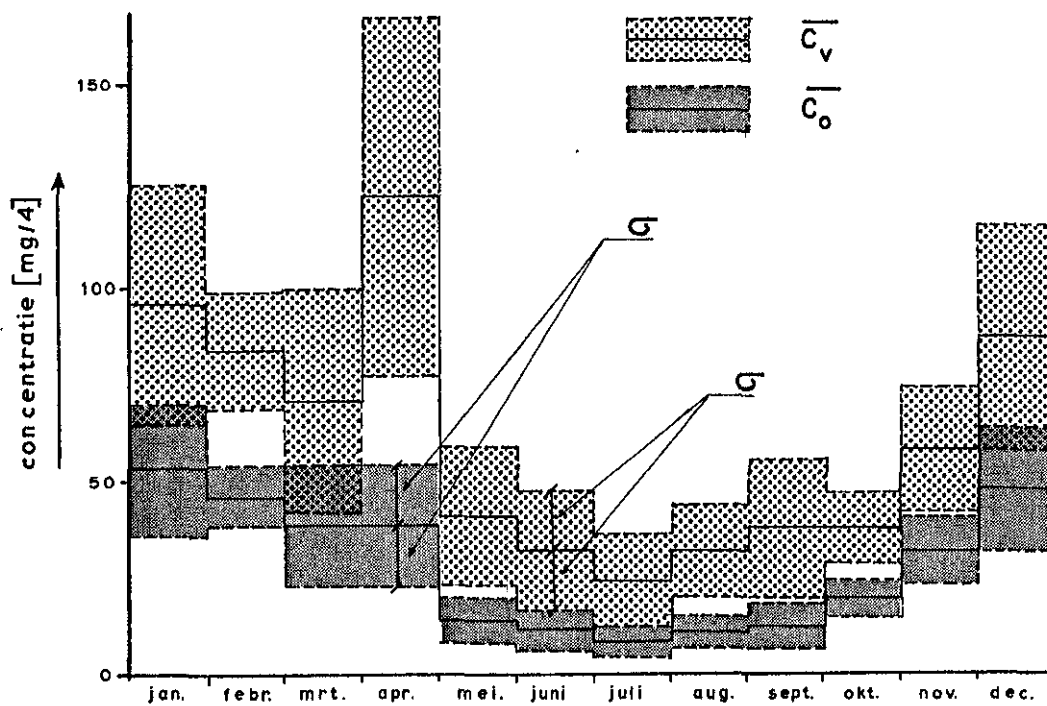
Tabel 1: Maandgemiddelden oppervlakteconcentraties ($\bar{C}_O$) en concentraties gemiddeld over de verticaal ($\bar{C}_V$) van slib nabij boei 49.

maand	$\bar{C}_O$ [mg/l]		$\bar{C}_V$ [mg/l]	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
januari	53	17	96	31
februari	46	8	84	15
maart	39	16	71	29
april	39	16	114	47
mei	14	6	41	18
juni	11	5	32	15
juli	8	4	24	12
augustus	11	4	32	12
september	13	6	38	18
oktober	20	5	36	9
november	32	9	58	16
december	48	16	87	29

$\bar{x}$ = gemiddelde waarde van de slibconcentratie per maand [mg/l]
 σ = standaardafwijking van de gemiddelde waarde [mg/l]

In figuur 1 zijn de maandgemiddelde oppervlakteconcentraties ($\bar{C}_O$) en -concentraties gemiddeld over de verticaal ($\bar{C}_V$) grafisch weergegeven. Tevens is een band aangegeven ter breedte van $\pm \sigma$.

Figuur 1: Verloop van de maandgemiddelde oppervlakteconcentratie (C_0) en concentratiegemiddelde over de verticaal van slib (C_v) gedurende de periode van een jaar nabij boei 49.



Uit figuur 1 volgt dat de slibconcentratie relatief hoog is gedurende de maanden januari t/m april. Tevens blijkt dat met in acht-neming van één standaardafwijking de maandgemiddelde concentraties in een bepaalde maand ca. 30% hoger of lager kunnen zijn.

3. Aanslibbingsberekeningen.

3.1 Algemeen.

In dit hoofdstuk komen de verschillende processen aan de orde, waardoor transport van slibdeeltjes van de Westerschelde naar het bouwdok (bodem bouwdok) plaatsvindt.

Er vindt ook een omgekeer proces plaats, namelijk transport van slibdeeltjes vanuit het bouwdok naar de Westerschelde. Door de relatief lage stroomsnelheden in het bouwdok zullen de slibdeeltjes van het binnenstromende Westerscheldewater bezinken, waardoor de slibconcentratie van het uitstromende water (tijdens eb) lager zal zijn dan van het instromende water (tijdens vloed).

Naast uitwisseling van slibdeeltjes door de komvulling c.q. -lediging vindt uitwisseling van slibdeeltjes plaats ten gevolge van neren en dichtheidsverschillen. Deze deeltjes zullen eveneens om bovengenoemde redenen in het bouwdok kunnen gaan bezinken. De bezinkingssnelheid van het slib wordt sterk bepaald door de korrelgrootte van de slibdeeltjes en de turbulentie van het water [2].

De aanslibbing wordt op de volgende manieren berekend:

- benadering met het totale uitwisselingsdebiet
- benadering met de valsnelheid van het slib.

Deze benaderingen komen in de paragrafen 3.2 t/m 3.4 achtereenvolgens aan de orde.

3.2 Benadering met het totale uitwisselingsdebiet.

Het totale uitwisselingsdebiet Q_t wordt berekend door de som van de volgende uitwisselingsdebieten:

- uitwisselingsdebiet ten gevolge van komvulling Q_k
- uitwisselingsdebiet ten gevolge van neren Q_n
- uitwisselingsdebiet ten gevolge van dichtheidsverschillen Q_d

Bij deze benadering wordt ervan uitgegaan dat alle slibdeeltjes, die ten gevolge van bovengenoemde processen in het bouwdok komen, zullen bezinken naar de bodem van het bouwdok. Deze benadering geeft een bovengrens van de aanslibbing.

3.2.1 Debiet ten gevolge van komvulling.

Het uitwisselingsdebiet ten gevolge van komvulling Q_k wordt berekend uit:

$$Q_k = K/t_k \quad (1)$$

waarin

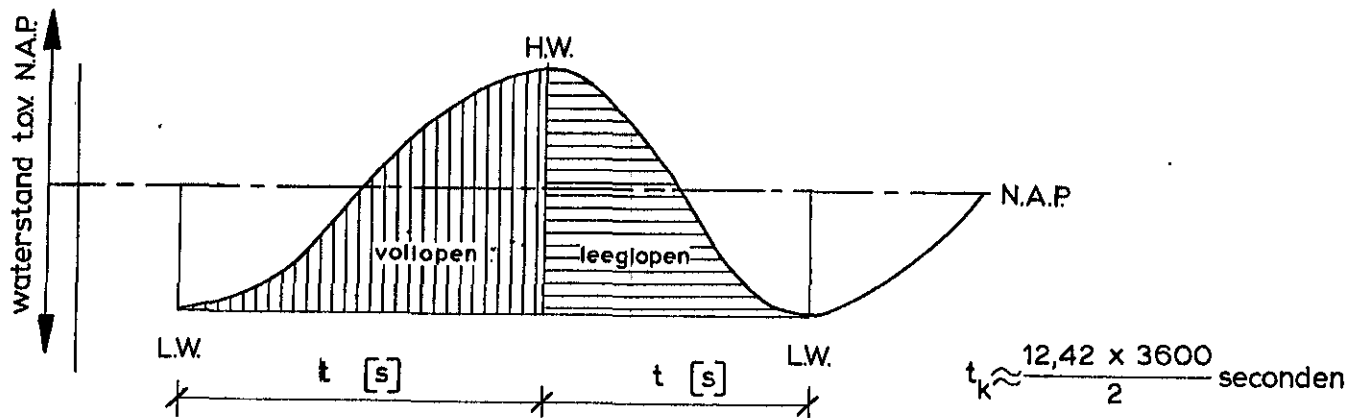
Q_k = uitwisselingsdebiet ten gevolge van komvulling [m^3/s]; dit debiet geldt zowel voor eb (bouwdok uit) als voor vloed (bouwdok in)

K = getijvolume bouwdok [m^3]

t_k = tijd van komvulling of komlediging [s]

In figuur 2 is de tijd van komvulling of komlediging schematisch weergegeven.

Figuur 2: Verloop komvulling of komlediging als functie van het getij.



Het getijvolume van het bouwdok wordt bepaald door de getijamplitude, de gemiddelde waterstand, de oppervlakte van het bouwdok en het aantal aan de bodem van het bouwdok gefixeerde tunelelementen (variërend). De bovenkant van de elementen worden overspoeld bij een waterstand hoger dan N.A.P. -0,75 m. In deze nota wordt uitgegaan van een gemiddelde getijamplitude van 4,40 m (slotgemiddelde '71.0 te Hansweert). Het getijvolume van het bouwdok varieert tussen $705.10^3 m^3$ (vol bouwdok) en $774.10^3 m^3$ (leeg bouwdok) (zie bijlage 2). Het uitwisselingsdebiet ten gevolge van komvulling is hieruit berekend op $26 m^3/s$ (vol bouwdok) c.q. $32 m^3/s$ (leeg bouwdok).

3.2.2 Debiet ten gevolge van neren.

Het uitwisselingsdebiet ten gevolge van neren Q_n is bepaald uit stroombeeldfoto's van het Waterloopkundig Laboratorium. Deze foto's zijn genomen tijdens de maximale eb- en vloedstroom voor het ingestelde gemiddelde getij van 15/10/1980. Dit getij komt overeen met het gemiddeld getij, slotgemiddelde 1971.0 te Hansweert. Op de foto's van de maximale vloedstroom¹⁾ is een duidelijke neer te zien voor de ingang van het bouwdok tijdens zowel de proef met de oppervlaktedrijvers als de 4m-drijvers. Deze neer veroorzaakt een uitwisselingsdebiet door het verdringen van water uit het bouwdok, respectievelijk Westerscheldewater.

De ingaande respectievelijk uitgaande stroomsnelheid ten gevolge van de neer is bepaald door de met een dikke lijn aangegeven denkbeeldige stroomrichtingspijl van de neer (bijlage 3a) te verdelen in gelijke afstanden ΔL (iedere ΔL heeft een eigen stroomrichting). Doordat de ΔL 's relatief kort zijn kunnen ze recht worden beschouwd. Deze ΔL 's zijn ontbonden in een richting haven in (of uit) en richting havenhoofd (bijlage 3b). De ingaande (of uitgaande) stroomsnelheid bij alle ontbonden afstanden is bepaald uit:

$$v_i \approx \cos \alpha \cdot v_n \quad (2)$$

waarbij

v_i = ingaande, respectievelijk uitgaande stroomsnelheid [m/s]

v_n = stroomsnelheid van de neer [m/s]

α = hoek tussen betreffende ΔL en richting haven in (of uit)

De ontbonden ingaande (of uitgaande) stroomsnelheden bij iedere ΔL zijn uitgezet over de optredende breedte van de neer in de haveningang (bijlage 3b). Uit deze stroomsnelheidsverdeling is een resulterende stroomsnelheid richting haven in en richting haven uit bepaald.

- De -

¹⁾ Ten overvloede wordt opgemerkt dat op de foto's van de maximale ebstroom geen neer te constateren was voor de ingang van het bouwdok.

De gemiddelde stroomsnelheid richting haven in (of uit) is voor de oppervlaktedrijvers bepaald op 0,063 m/s ($\bar{v}_0$). Voor de 4m-drijvers is de gemiddelde stroomsnelheid tijdens de maximale vloedstroom meer schattenderwijs bepaald op 0,021 m/s ($\approx 1/3 \cdot \bar{v}_0$). De gemiddelde stroomsnelheid ten gevolge van de neer op de bodem van de haveningang is aangenomen op 0 m/s. Met behulp van deze gegevens is een stroomsnelheidsverticaal getekend (bijlage 3c).

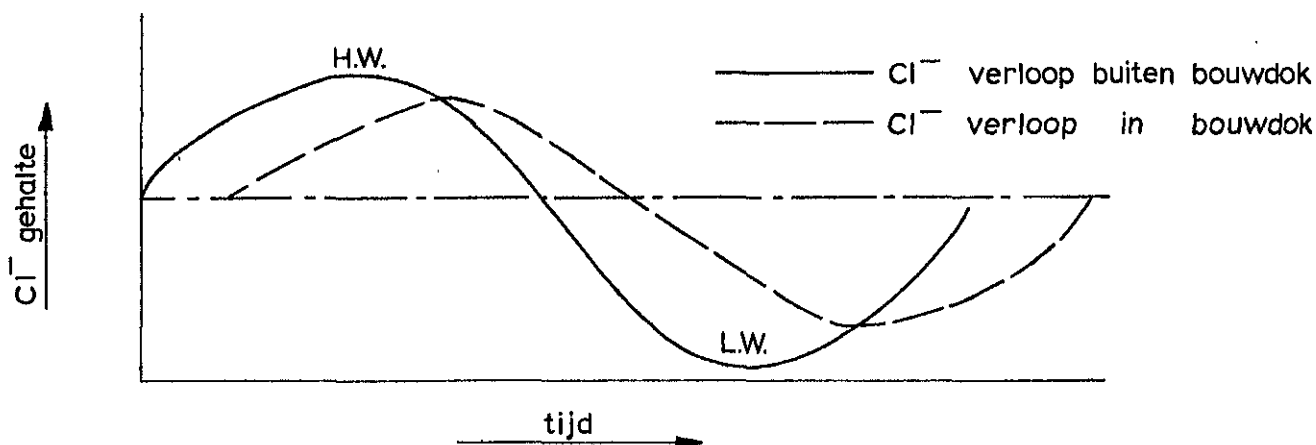
De ingaande stroomsnelheidsverticaal (evenals de uitgaande stroomsnelheidsverticaal - tegengesteld gericht) tijdens de maximale vloedstroom geldt over een breedte van 90 m (oostzijde, respectievelijk westzijde haveningang). Het uitwisselingsdebiet tijdens de maximale vloedstroom is berekend uit de sommatie van de debieten van alle waterschijffjes in de haveningang (bijlage 4). Het uitwisselingsdebiet ten gevolge van de neer bedraagt zodoende ca. 25 m³/s (nu zowel de in- als uitgaande resulterende stroomsnelheden) tijdens de maximale vloedstroom.

Het gemiddelde uitwisselingsdebiet tijdens de hoogwaterperiode wordt aangenomen op eenderde van de maximale vloedstroom ≈ 8 m³/s.

3.2.3 Debiet ten gevolge van dichtheidsverschillen.

Ten gevolge van de komberging van het bouwdok verloopt het chloridegehalte (Cl^- gehalte) is het bouwdok vertraagd ten opzichte van het Cl^- gehalte buiten het bouwdok, zie schets figuur 3.

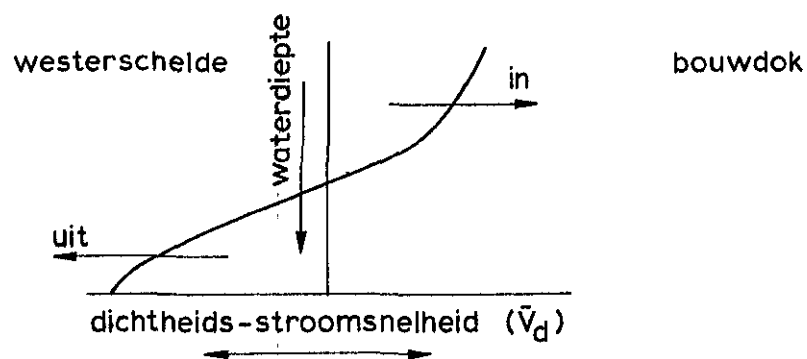
Figuur 3: Schets van verloop Cl^- gehalte binnen en buiten bouwdok.



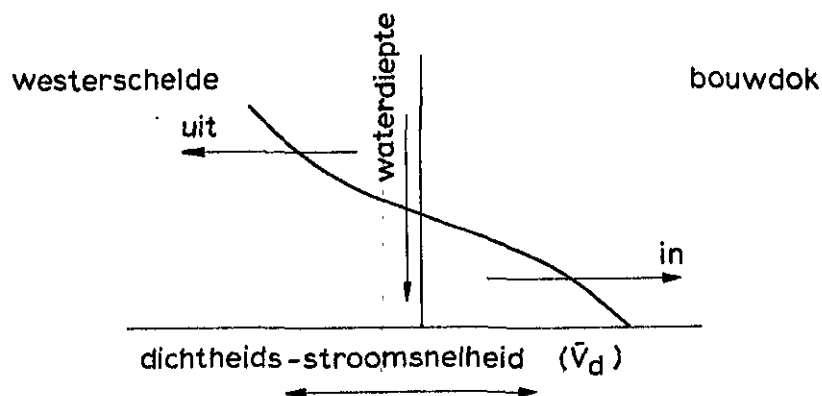
- Dit -

Dit proces veroorzaakt een dichtheidsverschil tussen het bouwdok en de Westerschelde, waardoor een dichtheidsstroomsnelheid ontstaat. De dichtheidsstroomverticaal in de ingang van het bouwdok tijdens L.W. en H.W. kan als volgt geschetst worden (zie figuur 4a en 4b).

Figuur 4a: Dichtheids-stroomverticaal ingang bouwdok tijdens L.W.



Figuur 4b: Dichtheids-stroomverticaal ingang bouwdok tijdens H.W.



Het uitwisselingsdebiet ten gevolge van dichtheidsverschillen is afgeleid uit de notitie WWKZ-80.V262 [3]. In deze notitie is het uitwisselingsdebiet ten gevolge van dichtheidsverschillen berekend uit:

$$Q_d = 1/4 \cdot \bar{v}_d \cdot A \quad (3)$$

waarin

Q_d = uitwisselingsdebiet ten gevolge van dichtheidsverschillen [m^3/s]

$\bar{v}_d$ = gemiddelde dichtheids-stroomsnelheid, gemiddeld over het getij [m/s]

A = oppervlakte haveningang [m^2], zie bijlage 4.

Hierin werd $\bar{v}_d$ gevonden uit:

$$\bar{v}_d \approx 1/2 \left(g \cdot h \cdot \frac{\Delta \rho_b}{\rho_w} \right)^{1/2} \quad (4)$$

waarin

g = gravitatie constante [m/s^2]

h = waterdiepte [m]

$\Delta \rho_b$ = dichtheidsverschil tussen het water en het bouwdok in de Westerschelde [kg/m^3]

ρ_w = dichtheid van het Westerscheldewater nabij het bouwdok [kg/m^3] $\approx 1020 \text{ kg/m}^3$

Uit de resultaten van 13-uurs metingen voor de Sloehaven op 26 augustus 1980 is het gemiddelde dichtheidsverschil binnen en buiten de haven bepaald op ca. $1,9 \text{ kg/m}^3$ voor hoogwater en ca. $1,8 \text{ kg/m}^3$ voor laagwater. Deze dichtheidsverschillen zullen in de bovenstaande formules worden gebruikt in verband met het ontbreken van dergelijke gegevens nabij het bouwdok. Deze dichtheidsverschillen zijn op onderstaande wijze gecorrigeerd voor het dichtheidsverschil tussen water nabij het bouwdok en de Sloehaven:

$$\Delta \rho_b \approx \Delta \rho_s \cdot \frac{\bar{Cl}_b}{\bar{Cl}_s} \quad (5)$$

waarin

$\Delta \rho_s$ = gemiddelde dichtheidsverschil tussen het water in de Westerschelde en de Sloehaven [kg/m^3]

- $\bar{Cl}_b$ -

behoort bij: nota

WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 10

$\overline{Cl}_b$ = gemiddelde chlorideconcentratie op de Westerschelde nabij het bouwdok [kg/m³]

$\overline{Cl}_s$ = gemiddelde chlorideconcentratie op de Westerschelde nabij de Sloehaven [kg/m³]

De gecorrigeerde getallen bedragen:

- tijdens hoogwaterperiode 1,4 kg/m³ gedurende 4 uur gemiddeld
- tijdens laagwaterperiode 1,3 kg/m³ gedurende 8,25 uur gemiddeld.

De waterdiepte bedraagt tijdens hoogwater 16,20 m en tijdens laagwater 11,80 m. In tabel 2 zijn de berekende dichtheidsstroomsnelheden en uitwisselingsdebieten vermeld.

Tabel 2: Dichtheids-stroomsnelheid en bijbehorende uitwisselingsdebiet tijdens hoogwater c.q. laagwater.

getijfase	dichtheids-stroomsnelheid v_d [m/s]	uitwisselingsdebiet Q_d [m ³ /s]
hoogwater	0,23	89
laagwater	0,19	59

Het gemiddelde uitwisselingsdebiet ten gevolge van dichtheidsverschillen bedraagt bij deze benadering dus ca. 70 m³/s, gemiddeld over het getij.

3.2.4 Totaal debiet.

In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van het totale berekende uitwisselingsdebiet (Q_t) tussen het bouwdok en de Westerschelde.

Tabel 3: Totaal uitwisselingsdebiet tussen bouwdok en Westerschelde.

uitwisselingsproces ten gevolge van:	debiet [m ³ /s]
komvulling	32 à 35 (vloed (in) en eb (uit))
neer	8 (hoogwaterperiode)
dichtheidsverschil	70 (continue in en uit)

- Op -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 11

Op bijlage ⁵/~~6~~ zijn de uitwisselingsdebieten als functie van het getij grafisch uitgezet. Het uitwisselingsdebiet ten gevolge van neren is zeer gering ten opzichte van de andere debieten (vooral dichtheidsverschil). Het gemiddelde totale uitwisselingsdebiet bedraagt ca. 90 m³/s, zowel in als uit het bouwdok.

3.2.5 Aanslibbing.

Bij deze benadering van de aanslibbing worden twee aannamen verondersteld ten aanzien van het slib in het bouwdok:

- 1 Alle slibdeeltjes die in het bouwdok komen, bezinken.
- 2 Het maandgemiddelde slibgehalte in het bouwdok ($\bar{C}_b$) is gelijk aan het maandgemiddelde slibgehalte in de Westerschelde ($\bar{C}_v$) nabij boei 49.

Deze aannamen geven een bovengrens van de aanslibbingsberekening. De totale slibaanvoer is zodoende als volgt berekend uit:

$$T = t \cdot \bar{c}_v \cdot Q_t \quad (6)$$

waarin

T = totale slibaanvoer [kg] per maand

$\bar{c}_v$ = slibconcentratie gemiddeld over de verticaal [kg/m³] per maand (van meetpunt boei 49 - zie tabel 1)

Q_t = totaal uitwisselingsdebiet [m³/s] $\approx$ 80 m³/s

t = aantal seconden per maand $\approx$ 2.628.000 s

In tabel 4 wordt de berekende aanslibbing per maand gegeven. Apart zal worden gekeken naar de aanslibbing in de periode januari t/m augustus, waarin volgens de planning van de WOV de tunnelementen naar de plaats van bestemming worden gevaren (jaar 1985 ?).

Tabel 4: De aanslibbing van het bouwdok volgens de benadering met het totale uitwisselingsdebiet (kg) (bovengrens aanslibbing).

maand/ periode	aanslibbing [kg.10 ⁶]		procentuele verde- ling van de aan- slibbing in periode januari t/m augus- tus [%]	opmerkingen
	$\bar{x}$	σ		
januari	23	7	19	73% 27% 100%
februari	20	3	17	
maart	17	6	15	
april	27	11	23	
mei	10	4	8	
juni	8	3	7	
juli	6	3	5	
augustus	8	3	7	
september	9	4		
oktober	9	2		
november	14	3		
december	21	6		
gemiddeld	14	5		
jaartotaal	172	55		
totaal januari t/m augustus	119			

Uitgaande van de dichtheid van gebaggerd havenslib, ca. 1378 kg/m³ [8], [9], zijn de berekende kilogrammen slib omgerekend naar kubieke meters havenslib (zie Appendix A). In tabel 5 is de hieruit berekende aanslibbing vermeld voor enkele karakteristieke perioden, uitgaande van de oppervlakte van het bouwdok bij N.A.P. (15.10⁴m²).

Tabel 5: Hoeveelheid aanslibbing van het bouwdok (bovengrens) bij de benadering volgens het totale uitwisselingsdebiet [m³].

periode	aanslibbingshoeveelheid [m ³ .10 ³]	aanslibbing per m ² havenoppervlakte [m]
januari t/m april	148	0,99
mei t/m augustus	54	0,36
januari t/m augustus	202	1,35
jaar	292	1,95

Opvallend is de relatief grote aanslibbing gedurende de eerste vier maanden van het jaar.

3.3 Benadering met de valsnelheid van slib.

In deze benadering is ervan uitgegaan dat de uitwisseling tussen de Westerschelde en het bouwdok zo groot is dat de getijgemiddelde slibconcentratie in het bouwdok gelijk is aan de slibconcentratie in de Westerschelde (boei 49). Verder wordt aangenomen, dat de verdeling van het slibgehalte over de verticaal uniform is. Dit uitgangspunt betekend niet dat ook de chlorideconcentraties zodoende overeenkomen. Uit een transportmeting in de Schaar van Waarde d.d. 13 juni 1979 blijkt namelijk dat de gemiddelde slibconcentratie in de verticaal niet duidelijk varieert afhankelijk van de getijfase, in tegenstelling tot de gemiddelde chlorideconcentratie.

In [5] is voor een watermonster nabij Bath de frequentieverdeling van de valsnelheid van slib gegeven (tabel 6). Deze waarden gelden in principe voor stilstaand water.

Tabel 6: Frequentieverdeling voor valsnelheid van slib nabij Bath.

frequentie %	42	14	14	14	16
valsnelheid m/s	$16 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$

De gemiddelde valsnelheid van het slib in het bovenstaande watermonster bedraagt ca. $10 \cdot 10^{-5}$ m/s = 0,1 mm/s (onderschrijdingsfrequentie 50%). In het bouwdok bedraagt de getijgemiddelde stroomsnelheid gemiddeld over de verticaal ten gevolge van komvulling en -lediging ca. 0,02 m/s. In verband met deze geringe stroomsnelheid wordt aangenomen dat de frequentieverdeling van de valsnelheid in tabel 18 mag worden gebruikt voor de situatie in het bouwdok; er is bovendien van uitgegaan dat de frequentieverdeling van de valsnelheid van slib voor de lokaties Bath en boei 49 vergelijkbaar zijn. Het slibtransport naar de bodem van het bouwdok wordt berekend uit:

$$T_V = \bar{w} \cdot t \cdot \bar{c}_V \cdot O \quad (7)$$

waarin

T_V = slibtransport naar de bodem van het bouwdok ten gevolge van de valsnelheid [kg/jr]

$\bar{w}$ = valsnelheid bij frequente 50% $\approx 10^{-4}$ m/s

t = aantal seconden per jaar $\approx 365 \times 24 \times 3600 = 31,5 \cdot 10^6$

$\bar{c}_v$ = gemiddelde slibconcentratie nabij boei 49 $\approx 0,063 \text{ kg/m}^3$ (zie tabel 1)

O = oppervlakte bouwdok bij N.A.P. $\approx 15 \cdot 10^4 \text{ m}^2$

Het hieruit berekende slibtransport (T_v) bedraagt ca. $29,8 \cdot 10^6$ kgper jaar; dit komt overeen met $5,07 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{jaar}$ of $0,34 \text{ m/jaar}$ aanslibbing (gesedimenteerd materiaal, zie Appendix A). Deze benadering geeft vermoedelijk een sterk vertekend beeld, omdat ervan uitgegaan is dat de slibconcentratie in het bouwdok gelijk blijft aan de slibconcentratie in de Westerschelde (boei 49). Bovendien is de slibconcentratie nabij de bodem groter dan gemiddeld over de verticaal. Grotere bodemconcentratie geeft bovendien grotere vlokvorming en daardoor grotere valsnelheden. Hierdoor zal de bezinking sterk toenemen. Hier staat tegenover, dat de aangehouden valsnelheid van het slib (in stilstaand water) vermoedelijk relatief wat te groot is ten opzichte van de werkelijkheid. Verder is het hier gegeven resultaat sterk afhankelijk van de dichtheid van het gebaggerde havenslib (γ). Stel $\gamma \approx 1250 \text{ kg/m}^3$ (holtepercentage 86%), dan wordt de aanslibbing $0,53 \text{ m/jaar}$ in plaats van $0,34 \text{ m/jaar}$.

In nadere studies van de Adviesdienst Vlissingen over de aanslibbing van havens zal het aanslibbingsmechanisme uitvoerig worden besproken [6]¹⁾.

Hoewel de gegeven benadering dus vrij zeker een onderschatting geeft, wijst deze er wel op dat de aanname uit par. 3.2 dat al het de haven binnenkomende slib zou bezinken ongunstig is.

¹⁾ De resultaten uit de in [6] vastgelegde studie werden aange-stipt in een door ir. W.T. Bakker ten gehore van staf KZ gegeven lezing [7].

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 15

4. Vergelijking met de methode van het Waterloopkundig Laboratorium voor de haven van Hansweert.

In [4] is de aanslibbing ten gevolge van komvulling bepaald met behulp van de volgende vergelijking:

$$S_k = p \cdot r \cdot \bar{c}_v \cdot N \cdot \bar{K} \cdot \frac{\rho_k - \rho_w}{\rho_k (\rho_s - \rho_w)} \quad (8)$$

waarbij

- S_k = aanslibbing ten gevolge van komvulling [m^3 /jaar]
- p = bezinkingspercentage van het slib proc/100
- r = reductiecoëfficiënt, ontstaan als gewogen gemiddelde van de verhouding momentane concentratie/getijgemiddelde concentratie voor in de rivier over de periode waarover uitwisseling en komberging optreden $\approx 0,83$ voor haven Hansweert
- $\bar{c}_v$ = gemiddeld slibgehalte over het jaar in de verticaal [kg/m^3]
- $\bar{K}$ = getijvolume tussen Hansweert bij een gemiddeld getij [m^3]
- N = aantal getijden per jaar
- ρ_k = soortelijke massa van het sediment [kg/m^3]
- ρ_w = soortelijke massa water [kg/m^3]
- ρ_s = soortelijke massa van gebaggerd havenslib [kg/m^3]

Uit vergelijking van bovenstaande methode met de in deze nota gevolge methode (hoofdstuk 3) geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen;

- a De in [4] ingevoerde reductiefactor (r) kan als een geringe verfijning van de hier gevolgde methode worden gezien.
- b Het bezinkingspercentage wordt geschat op 50 à 60%; uit paragraaf 3.3 zou een kleiner percentage volgen, maar zoals daar reeds werd vermeld geeft de methode van paragraaf 3.3 een onderschatting.
- c De horizontale uitwisseling ten gevolge van neren blijkt evenals bij het bouwdok (paragraaf 3.2.2) klein te zijn: bij Hansweert 17% van de komberging ten opzichte van 25% bij het bouwdok.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 16

d De aanslibbing ten gevolge van dichtheidsverschillen wordt door het Waterloopkundig Laboratorium berekend als verschil tussen de totale aanslibbing in de huidige haven en de volgens bovenstaande formule berekende aanslibbing. Gevonden wordt dat de aanslibbing van ca. 50% veroorzaakt wordt door optredende dichtheidsverschillen over de havenmond.

In de voorliggende nota is geprobeerd op deze uitwisseling wat dieper in te gaan. Gevonden wordt een invloed van ca. 75% voor het bouwdok.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004
 datum: februari 1982
 bladnr: 17

5. Vergelijking van de berekende aanslibbing met de aanslibbing van andere havens.

Doordat de in deze nota toegepaste berekeningsmethoden voor de aanslibbing van het bouwdok van globale aard is, wordt de berekende aanslibbing vergeleken met de gemeten aanslibbing van havens in de nabijheid van de W.O.V. Deze havens zijn:

- haven van Hansweert
- veerhaven Kruiningen
- veerhaven Perkpolder

Deze havens zijn qua afstand tot de W.O.V. vergelijkbaar met het bouwdok, niet qua hydraulische-, morfologische omstandigheden en bestemming. In tabel 7 is de gemiddelde aanslibbing van deze havens over een langere periode weergegeven.

Tabel 7: Gemiddelde aanslibbing van havens in de nabijheid van de W.O.V.

naam:	natte doorsnede havenin-gang [m ²]	water-diepte havenin-gang [m]	haven oppervlakte [m ²]	gem. haven diepte [m]	aanslibbing per m ² haven oppervlakte [m/jr]
Hansweert-buithaven			15.10 ⁴		0,24
Hansweert-vluchthaven			6.10 ⁴		0,50
Hansweert-totaal	540	8,6	21.10 ⁴	6	0,32
Kruiningen	1319	14,4	11.10 ⁴	8	0,82
Perkpolder	1238	11,7	12.10 ⁴	8	0,53
Bouwdok WOV par. 3.2					1,95 ¹
Bouwdok WOV par. 3.3	1380	14,0	15.10 ⁴	8	0,34 ²

Uit tabel 7 blijkt dat de berekende aanslibbing van het bouwdok (vooral benadering van par. 3.2) het beste overeenkomt met de gemeten aanslibbing van en algemene gegevens van de veerhaven Kruiningen. De geringe scheepvaart in dat bouwdok kan tot een grotere aanslibbing leiden in vergelijking met de aanslibbing van de vermelde havens in tabel 7. Dit kan summier worden aangetoond doordat de druk bevaren buithaven van Hansweert minder aanslibt dan de minder druk bevaren vluchthavens. Op grond hiervan zou geconcludeerd mogen worden dat de aanslibbing groter zal zijn dan ca. 0,82 m/jr.

¹⁾ bovengrens (uitgaande van 100% sedimentatie van het aangevoerde materiaal)

²⁾ ondergrens

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 18

6. Samenvatting en conclusies.

- 1) De aanslibbing van het bouwdok is aan de hand van benaderende berekeningen en vergelijking met andere havens te schatten op ca. 1 m/jaar. Hiervan uitgaande bedraagt de aanslibbing in de periode januari t/m april en mei t/m augustus ca. 0,5 m, respectievelijk 0,2 m. De aanslibbing is ten gevolge van relatief hoge slibconcentraties het grootst gedurende het eerste jaarkwartaal.
- 2) Ten gevolge van de variaties in de slibconcentraties in de rivier zijn deze aanslibbingscijfers onderhevig aan een standaardafwijking van + 30%. Verder blijkt uit de berekeningen, dat grotere afwijkingen van de meest waarschijnlijke schatting dan $\pm 0,8$ m/jaar¹⁾ niet zijn te verwachten.
- 3) De verdeling van de afzetting van het slib in het bouwdok is geheel buiten beschouwing gelaten.
- 4) Voor een nauwkeuriger berekening van de aanslibbing is het noodzakelijk in vergelijkbare havens zowel in als vóór de betreffende havens gedurende minimaal één getij slib- en chlorideconcentratie te meten, als ook stroomsnelheid; tevens is nadere informatie gewenst van de slibfractie van het monster in verband met het bepalen van de bezinksnelheid van het slib.

Gezien:

Het Hoofd van de Adviesdienst
Vlissingen,

De technisch hoofdamtenaar,



ir. W.Th.J.N.P. Bakker.



ing. D.C. van Maldegem.

¹⁾ d.i.: ca. 0,4 m tussen januari en april en 0,2 m tussen mei en augustus

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004
 datum: februari 1982
 bladnr: 19

APPENDIX A

Berekeningen met betrekking tot sedimentatie.

Stel het poriëngehalte n , dan is de s.m. ρ_s van het slib:

$$\rho_s = (1 - n) \cdot \rho_k + n \cdot \rho_w \quad (A1)$$

waarin

ρ_s = soortelijke massa van gebaggerd havenslib [kg/m^3]

ρ_k = soortelijke massa van het korreelmateriaal [kg/m^3]

ρ_w = soortelijke massa van het Westerscheldewater [kg/m^3]

n = poriëngehalte van slib [proc/100]

Bij gegeven waarden van ρ_s , ρ_k en ρ_w volgt n dus uit:

$$n = \frac{\rho_k - \rho_s}{\rho_k - \rho_w} \quad (A2)$$

Stel dat het slibtransport T (massa/tijdseenheid) bekend is, dan volgt de aanslibbing S uit:

$$S = \frac{T}{\rho_k} \cdot \frac{1}{1 - n} \quad (A3)$$

Substitutie van (A2) in (A3) levert:

$$S = \frac{T}{\rho_k} \cdot \frac{\rho_k - \rho_w}{\rho_s - \rho_w} \quad (A4)$$

Bij invoeren van de waarden $\rho_k = 2650 \text{ kg/m}^3$; $\rho_w = 1020 \text{ kg/m}^3$ en $\rho_s = 1378 \text{ kg/m}^3$ in (A4) ontstaat hieruit:

$$S = 0,0017 \cdot T \quad (A5)$$

- waarin -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 20

waarin

S = aanslibbing [$\text{m}^3/\text{tijdseenheid}$]

T = slibtransport [$\text{kg}/\text{tijdseenheid}$]

Toepassingen van bovenstaande vergelijkingen in de nota:

- paragraaf 3.2.5: vergelijking (A5)
- paragraaf 3.3 : vergelijking (A5)
vergelijking (A1) en (A4)

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004
 datum: februari 1982
 bladnr: 21

Symbolenlijst

symbool	betekenis	eenheid	voor het eerst geïntroduceerd	
			op blz*	in vgl
α	hoek tussen stroomrichting en opening haveningang	graden	6	2
ρ_s	soortelijke massa van gebaggerd havenslib	kg/m ³	15	8
ρ_k	soortelijke massa van het korrelmateriaal	kg/m ³	15	8
ρ_w	(dichtheid) soortelijke massa van het Westerscheldewater nabij het bouwdok	kg/m ³	9	4
$\Delta\rho_b$	dichtheidsverschil tussen het water in de Westerschelde en het bouwdok	kg/m ³	9	4
$\Delta\rho_s$	dichtheidsverschil tussen het water in de Westerschelde en de Sloehaven	kg/m ³	9	5
σ	standaardafwijking		2	-
A	natte doorsnede haveningang		9	3
b	breedte haveningang, buiten gelegen zijde	m	bijl. 4	-
B	breedte haveningang, meest smalle gedeelte	m	bijl. 4	-
$\bar{C}_o$	maandgemiddelde slibconcentratie van de oppervlaktemonsters	kg/m ³ of mg/l	2	-
$\bar{C}_b$	maandgemiddelde slibconcentratie in het bouwdok	kg/m ³ of mg/l	11	-
$\bar{C}_v$	maandgemiddelde slibconcentratie van de oppervlaktemonsters, gemiddeld over de verticaal	kg/m ³ of mg/l	2	6
Cl^-	chlorideconcentratie	kg/m ³	7	-
Cl^-_b	gemiddelde chlorideconcentratie op de Westerschelde nabij het bouwdok	kg/m ³	9	5
Cl^-_s	gemiddelde chlorideconcentratie op de Westerschelde nabij de Sloehaven	kg/m ³	9	5

* eventueel bijlage

- vervolg -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004
datum: februari 1982
bladnr: 22

Vervolg symbolenlijst:

symbool	betekenis	eenheid	voor het eerst geïntroduceerd	
			op blz*	in vgl
g	gravitatieconstante	m/s ²	9	4
h	waterdiepte nabij de haveningang	m	9	4
K	getijvolume bouwdok	m ³	5	1
$\bar{K}$	getijvolume bouwdok bij een gemiddeld getij	m ³	15	8
L	afstand op stroomrichtingspijl	m	6	-
N	aantal getijden per jaar	n	15	8
n	poriëngehalte van slib	proc/100	19	A1
O	oppervlakte bouwdok bij N.A.P.	m ²	13	7
p	bezinkingspercentage van het slib	proc/100	15	8
Q_d	uitwisselingsdebiet t.g.v. dichtheidsverschillen	m ³ /s	4	3
Q_k	uitwisselingsdebiet t.g.v. komvulling	m ³ /s	4	1
Q_n	uitwisselingsdebiet t.g.v. neren	m ³ /s	4	-
Q_t	totale uitwisselingsdebiet $Q_d + Q_k + Q_n$	m ³ /s	4	6
r	gewogen gemiddelde van reductiecoëfficiënten voor de periode, waarover uitwisseling en komberging optreden		15	8
S	aanslibbing	m ³	19	A3
S_k	aanslibbing t.g.v. komvulling		15	8
t	aantal seconden per maand	s	11	6
t_k	tijd van komvulling/komlediging	s	5	1
T	totale slibaanvoer (zwevend materiaal)	kg	11	6
T_v	slibtransport t.g.v. valsnelheid slib	kg	13	7

* eventueel bijlage

- vervolg -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004
 datum: februari 1982
 bladnr: 23

Vervolg_symbolenlijst:

symbool	betekenis	eenheid	voor het eerst geïntroduceerd	
			op blz*	in vgl
$\bar{v}_d$	gemiddelde dichtheidsstroomsnelheid, gemiddeld over het getij	m/s	8	3
v_i	ingående of uitgaande stroomsnelheid t.g.v. neren	m/s	6	2
v_n	stroomsnelheid van de neer	m/s	6	2
$\bar{v}_o$	gemiddelde stroomsnelheid aan de oppervlakte	m/s	7	-
$\bar{w}$	valsnelheid bij frequentie 50%	m/s	13	7
$\bar{x}$	gemiddelde waarde		2	-

* eventueel bijlage

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 24

Bijlagenlijst

bijlage nr.	omschrijving	tekening nr.
1	Situatie werkeiland en bouwdok W.O.V. in de Westerschelde.	A1-82.23
2	Kombergingsgrafiek bouwdok W.O.V.	A1-82.24
3a	Neer tijdens maximale vloedstroom volgens de oppervlaktedrijvers nabij de ingang van het bouwdok.	A1-82.25
3b	Bepaling uitwisselingsdebiet in ingang bouwdok ten gevolge van neer bij maxi- male vloedstroom.	A1-82.26
3c	Gemiddelde stroomsnelheidsverticaal nabij ingang bouwdok ten gevolge van neer bij maximale vloedstroom.	A1-82.27
4	Natte doorsnede haveningang bouwdok W.O.V.	A2-82.28
5	Totaal uitwisselingsdebiet van bouwdok (benadering par. 3.1).	A1-82.29

Literatuurlijst

- [1] Ir. E.P. Kooiker.
Het slibgehalte in het oostelijk deel der Westerschelde.
Eerste bericht.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Vlissingen, Memo Vl. 75.2.

- [2] Machevo-congres 1965.
Lucht- en waterverontreiniging, redactie van ir. J.F. Claasen.
Vermande Zonen, Uitgevers IJmuiden.

- [3] Ir. E.H. Ebbens.
Een globale schatting van de mogelijke grootte van de
dichtheidsstroom in de mond van de toekomstige haven
van Hansweert.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Vlissingen, Notitie (intern)
WWKZ-80.V262.

- [4] Stroombeeld- en sedimentatieonderzoek voorhaven Hansweert,
concept-verslag modelonderzoek M 1642, deel 1.
Waterloopkundig Laboratorium, januari 1981.

- [5] Ir. W.T. Bakker.
Aanslibbing in het oostelijk deel van het noordelijk bek-
ken na gereedkomen van de Bochtafsnijding bij Bath.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Vlissingen, Memo Vl. 76.7.

- [6] Ir. W.T. Bakker.
Uitwisseling van opgeloste of gesuspendeerde stof tussen
een haven en een getijrivier.
Rijkswaterstaat, Adviesdienst Vlissingen, Nota in bewer-
king.

- [7] Een eerste beschouwing over het aanslibbingsmechanisme
van havens kwam aan de orde tijdens de lezing van ir.
W.T. Bakker (Adviesdienst Vlissingen) op 20 oktober 1981
voor het district Kust en Zee, genoemd: "Slibproblemen
in en om de Westerschelde" (schriftelijke weergave in be-
werking).

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V004

datum: februari 1982

bladnr: 26

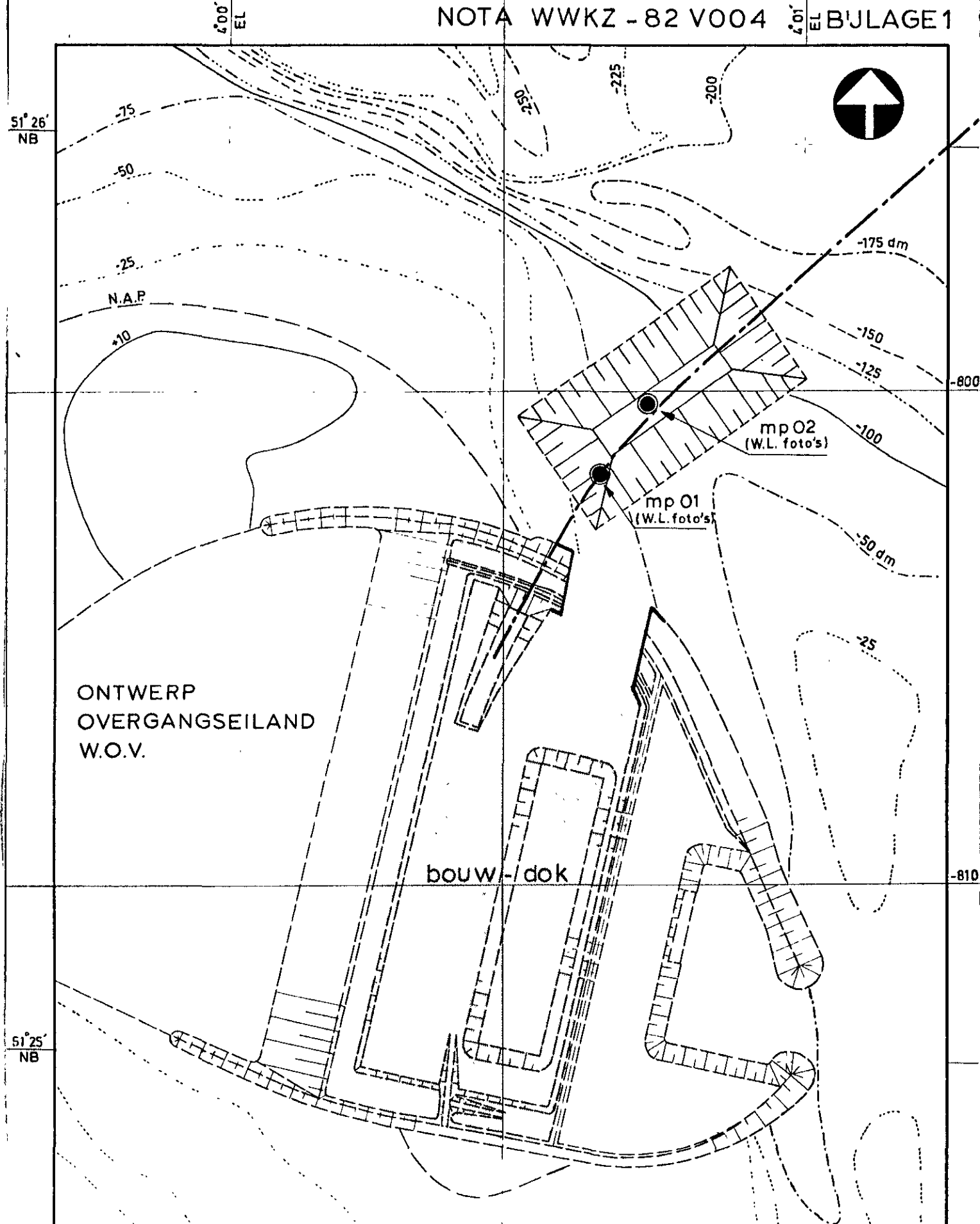
. [8] H. de Jong.

De wijze van berekening van sedimentatie uit zand- en
slibtransport bij de Adviesdienst Vlissingen.

Rijkswaterstaat, Adviesdienst Vlissingen, Notitie
WWKZ-82.V259.

[9] Onderzoek naar de dichtheid en de dichtheidsgradiënt
van sliblagen in havens langs de Westerschelde 1972-
1974.

Rijkswaterstaat, Studiedienst Vlissingen (niet gepu-
bliceerd).



rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - platen van ossenisse
situatie bouw-dok

get. J.L.B.

bijl. 1

gec. f

gez. w

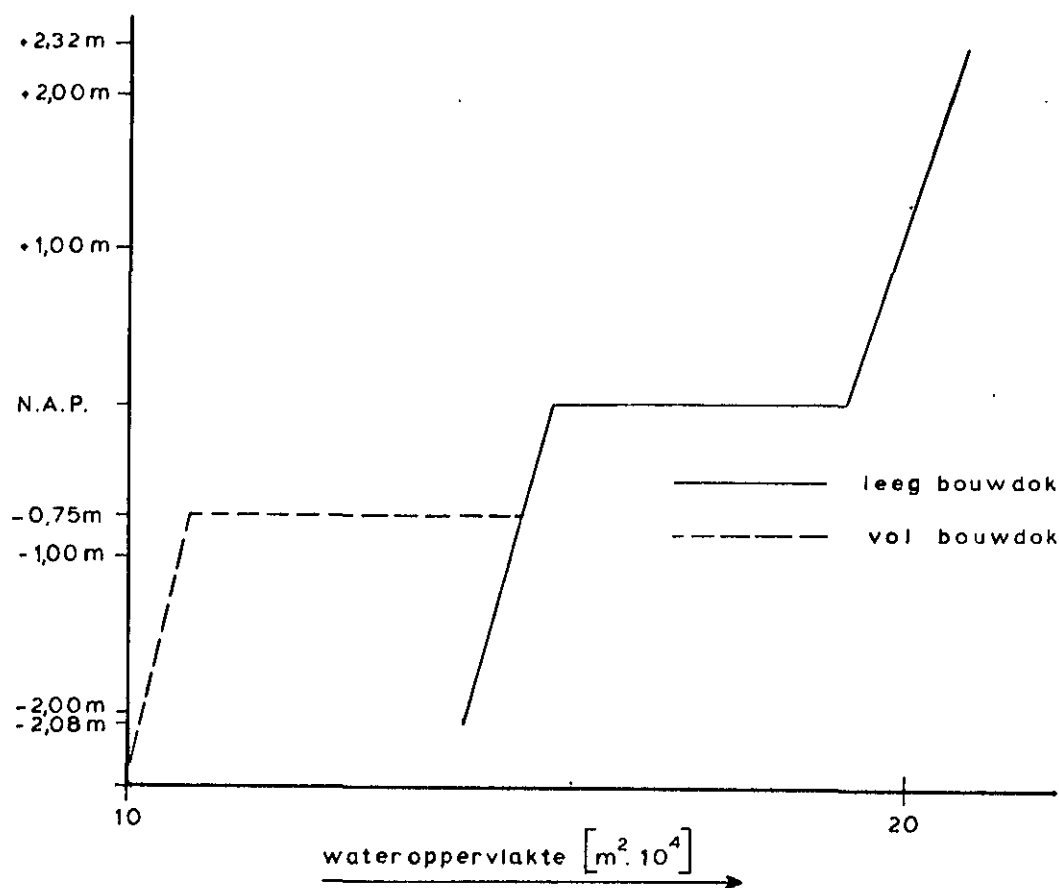
schaal 1:10000

akk. w

A1

nr. 82.23

waterstand tov. N.A.P.



waterlaag tussen:	komberging in m^3	
	leeg bouwdok	vol bouwdok
N.A.P. en N.A.P. - 2,08 m	$309,10^3 \text{ m}^3$	$309,10^3 \text{ m}^3$
N.A.P. en N.A.P. + 2,32 m	$465,10^3 \text{ m}^3$	$396,10^3 \text{ m}^3$
totaal zgn. vloedvolume bij gem. getij	$774,10^3 \text{ m}^3$	$705,10^3 \text{ m}^3$

rijkswaterstaatdirectie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingenwesterschelde
komberging bouwdok w o v

get.

a d.

bijl. 2

gec.

E

gez.

K

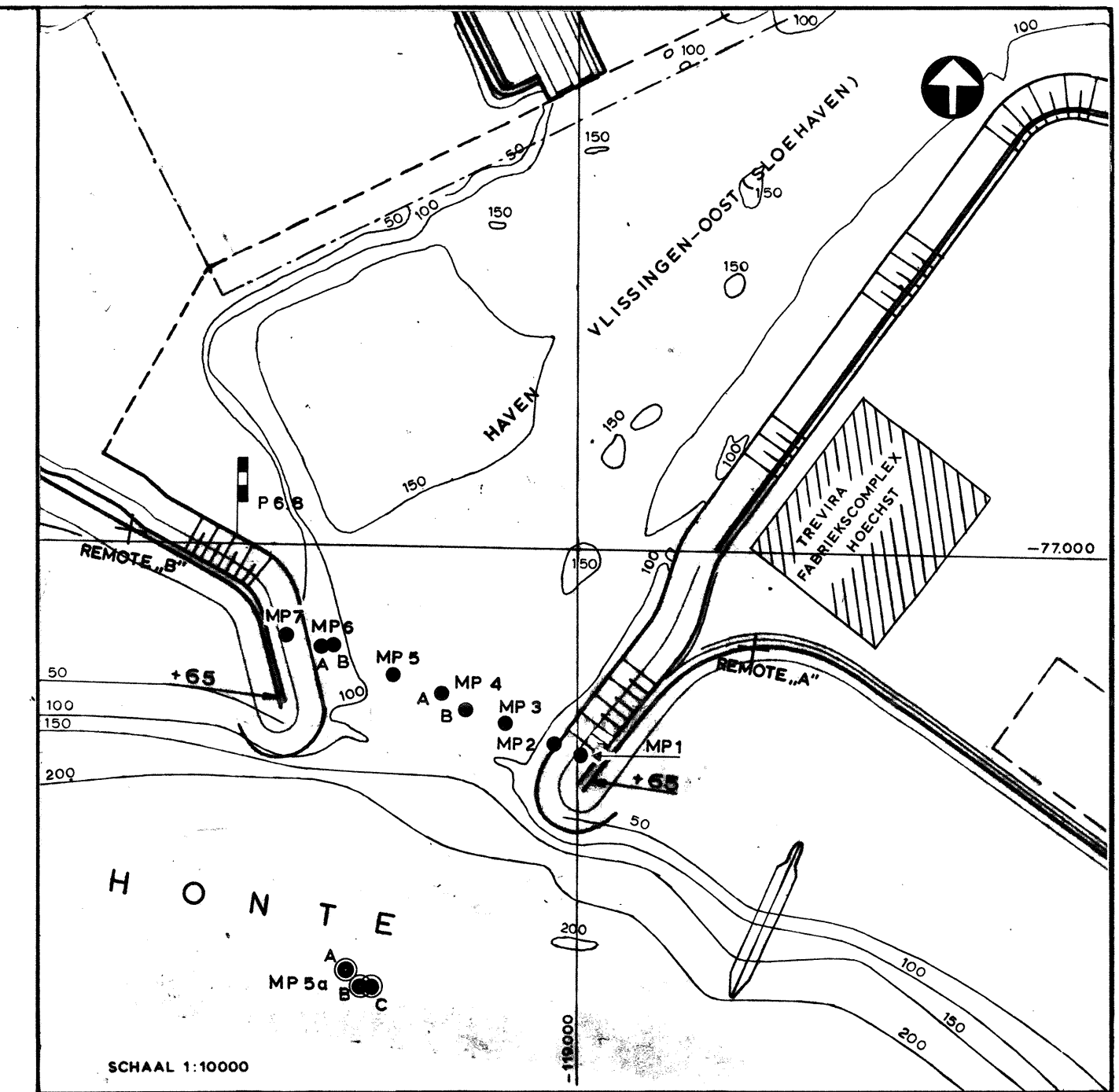
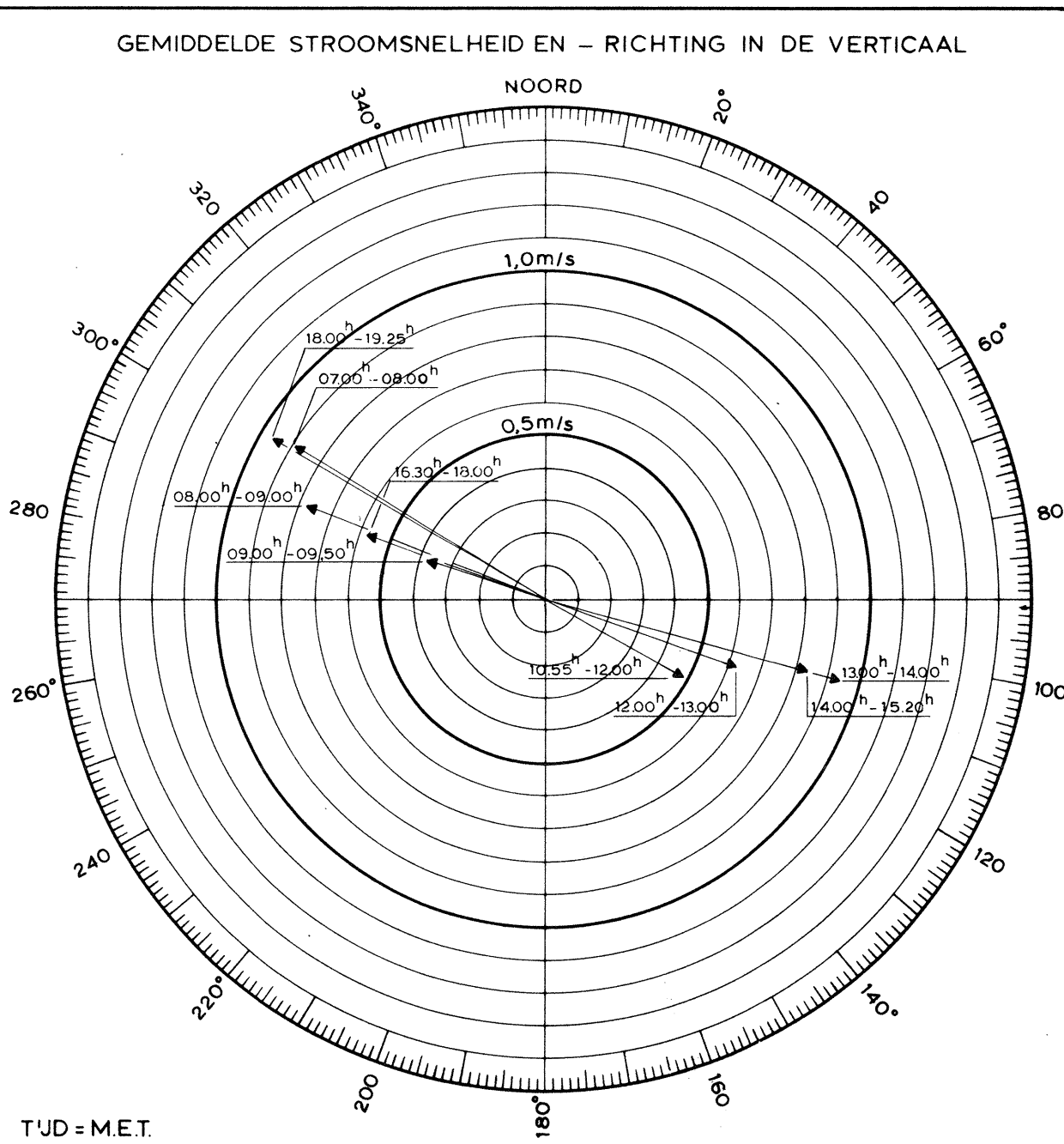
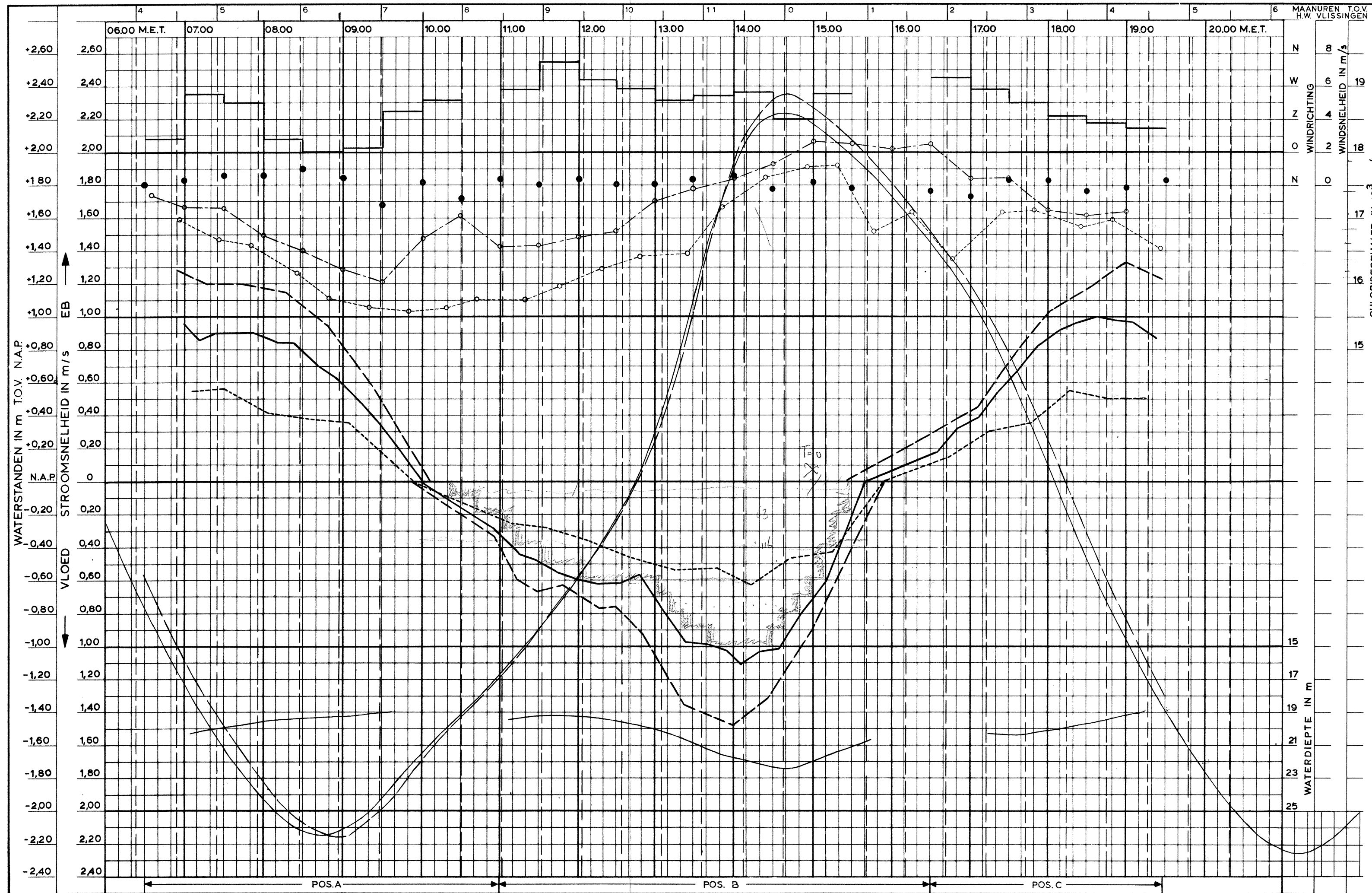
schaal

akk.

M

A1

nr. 82.24



TOELICHTING

WATERSTANDEN (GETUKROMMEN)

- PR 6.2 VLISSINGEN (REG.)
- P 6.8 WESTHAVENDAM HAVEN VLISSINGEN-OOST (VIS.)

STROOMSNELHEID IN DE VERTICAAL

- GEMIDDELD
- BODEM + 0,50 m
- MAXIMUM

OVERIGE GEGEVENS

- WATERDIEPTE
- CHLORIDEGEHALTE WATER AAN DE OPPERVLAKTE
- " " OP DE BODEM
- WINDSNELHEID (GEM. PER 30 MIN.)
- WINDRICHTING (MOMENTOPNAME)

WATERSTANDEN TE VLISSINGEN IN m TOV N.A.P.				TJVERSCHIL IN m		GETUFACTOR TOV. GEM. TJ
DATUM	M.E.T.	H.W.	L.W.	DALING(d)	RUZING(r)	d: 5, OF r: 5, Om = 3,80
7-5-1974	08.43 ^h	-2,15	-2,15	4,48	4,38	1,15263
"	14.39 ^h	-2,23	-2,25			1,17895
"	21.12 ^h					

WATERSTANDEN TE VLISSINGEN IN m TOV N.A.P. (Slotgemiddelden 1971.0)				COÖRDINATEN VAN HET MEETPUNT IN m TOV. AMERSFOORT			
GETU	H.W.	L.W.	TU-VERSCHIL(δ)	GETU-FACTOR	POS.	-X	-Y
SPRINGTU	+2,37	-2,04	4,41	1,16053	A	119 386	77 707
GEMIDTU	+1,98	-1,82	3,80 (=δ _m)	1,00000	B	119 365	77 730
DOOD TU	+1,47	-1,47	2,94	0,77368	C	119 345	77 735

TOELICHTING SITUATIE

DEIPTELIJNEN MET DIEPTEN IN dm TOV. N.A.P. (OPN. 1974)

- MEETPUNT 5^a (A+B+C)
- OVERIGE MEETPUNTEN
- VISUELE PEILSCHAAL
- REGISTRERENDE PEILSCHAAL

RUKSWATERSTAAT
DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING
STUDIEDIENST VLISSINGEN

WALCHEREN

HAVEN VLISSINGEN-OOST
DEBIET-EN MATERIAALTRANSPORTMETING dd. 7-5-1974
GRAFIEKEN MEETRESULTATEN MP 5^a

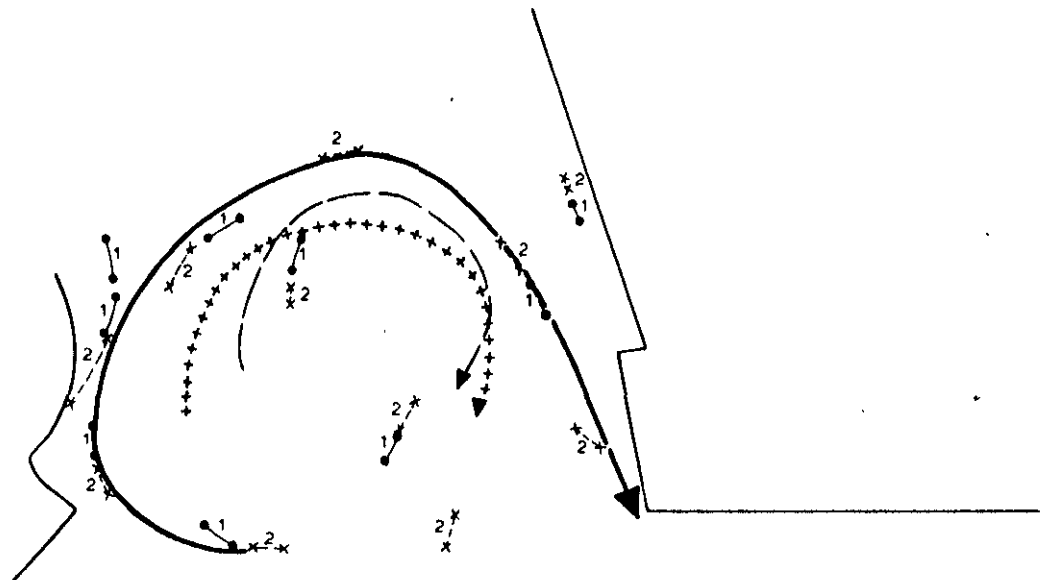
GET. A.S.B.	CODE
GEC. E	70.01.M.74
AKK. [Signature]	

IN 8 BLADEN - BLAD 6 A4 77361

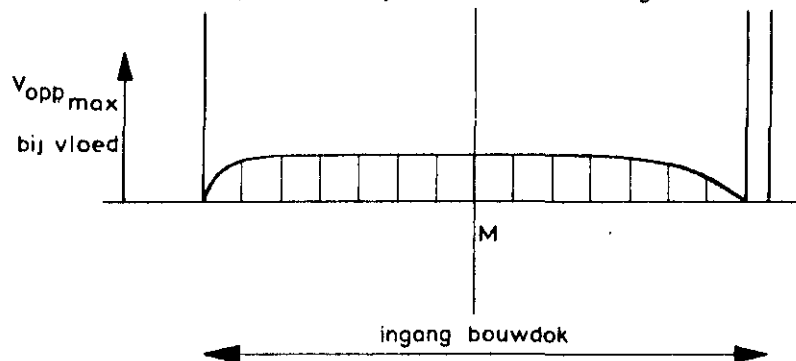
verklaring 3

- stroomsnelheidsvector foto 1
 -x-x- " " 2
 ⤵ uit foto 1 en 2 afgeleide neer (schets)

situatie



verloop max stroomsnelheid van
 uit foto 1 en 2 afgeleide neer
 (onafhankelijk van stroomrichting)



schaal identiek met
 schaal situatie

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - neer tijdens max vloedstroom
 volgens de oppervlakedrijvers
 nabij de ingang van het bouwdok

get. asb

bijl. 3^a

gec. 6

gez. $\sqrt{L}$

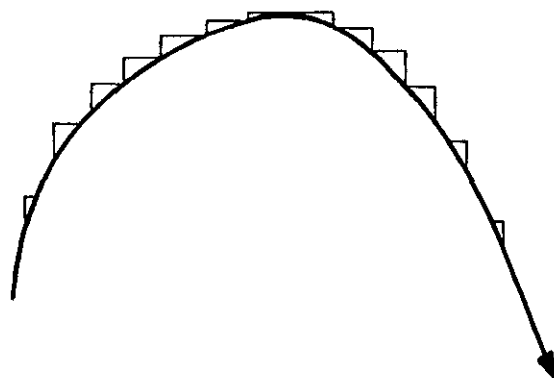
schaal

akk. *all*

A1

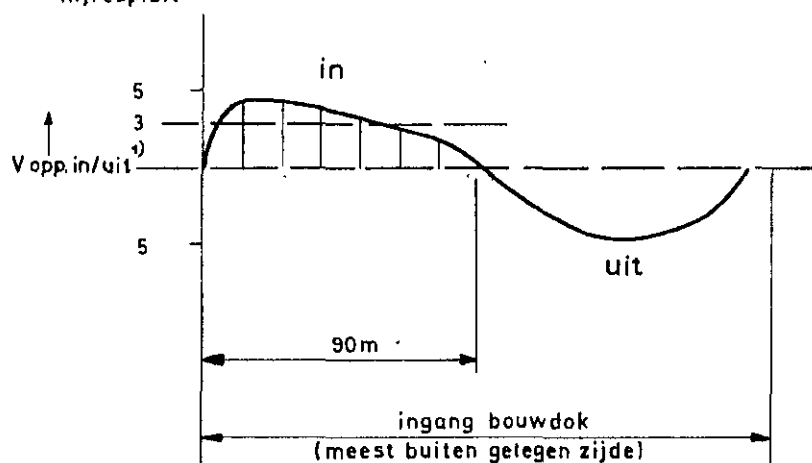
nr. 82.25

volgens bijlage 3^a geconstrueerde neer



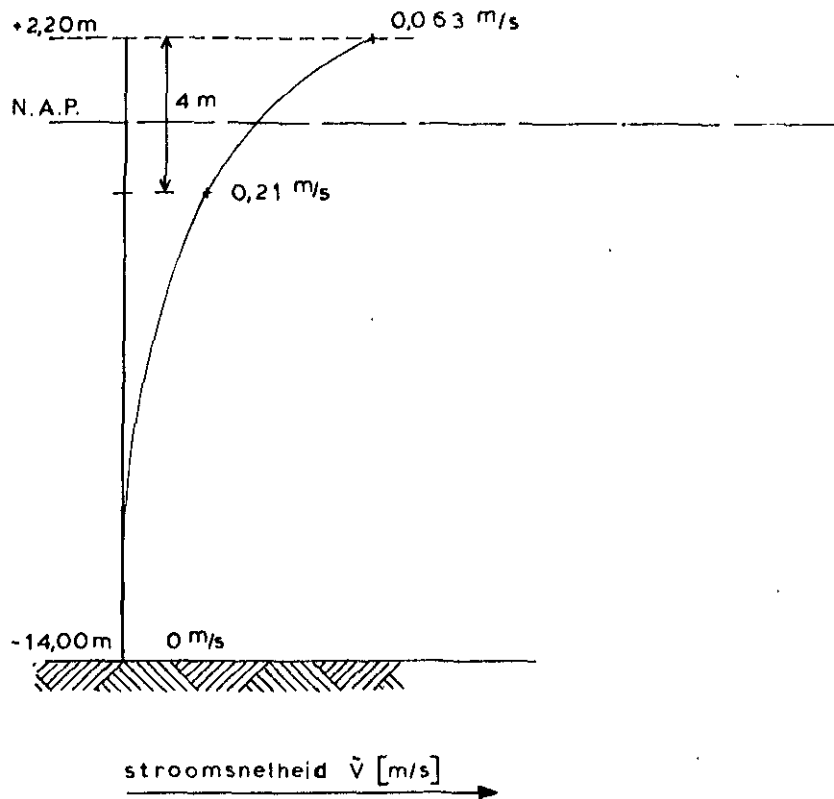
schaal volgens stroombeeld foto's W.L.

ontbonden vectorhaven
in, resp. uit



- 1) uitgedrukt in mm volgens de schaal van de stroombeeldfoto's van het W.L.
gemiddelde waarde $V_{opp\ in} = 3\text{ mm}$
omrekening naar gemiddelde stroomsnelheid iv.m. schaal stroombeeld foto's W.L. (volgens opgave W.L.)
 $X\text{ mm} \approx (X - 0,075) \cdot 0,02778\text{ m/s}$ dus:
 $3\text{ mm} \approx (3 - 0,075) \cdot 0,02778 = 0,063\text{ m/s}$

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen	get.	J.L.B.	bijl. 3 ^b	
	gec.	ε		
westerschelde uitwisselingsdebiet in ingang bouwdok t.g.v. neer bij max. vloedstroom(opp.)	gez.	K	schaal	
	akk.	akk.	A1	nr. 82.26

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerschelde

gem. stroomsnelheidsverticaal nabij ingang
bouwdok t.g.v. neer tijdens max. vloedstroom

get.

a d

bijl. 3^c

gec.

ε

gez.

K

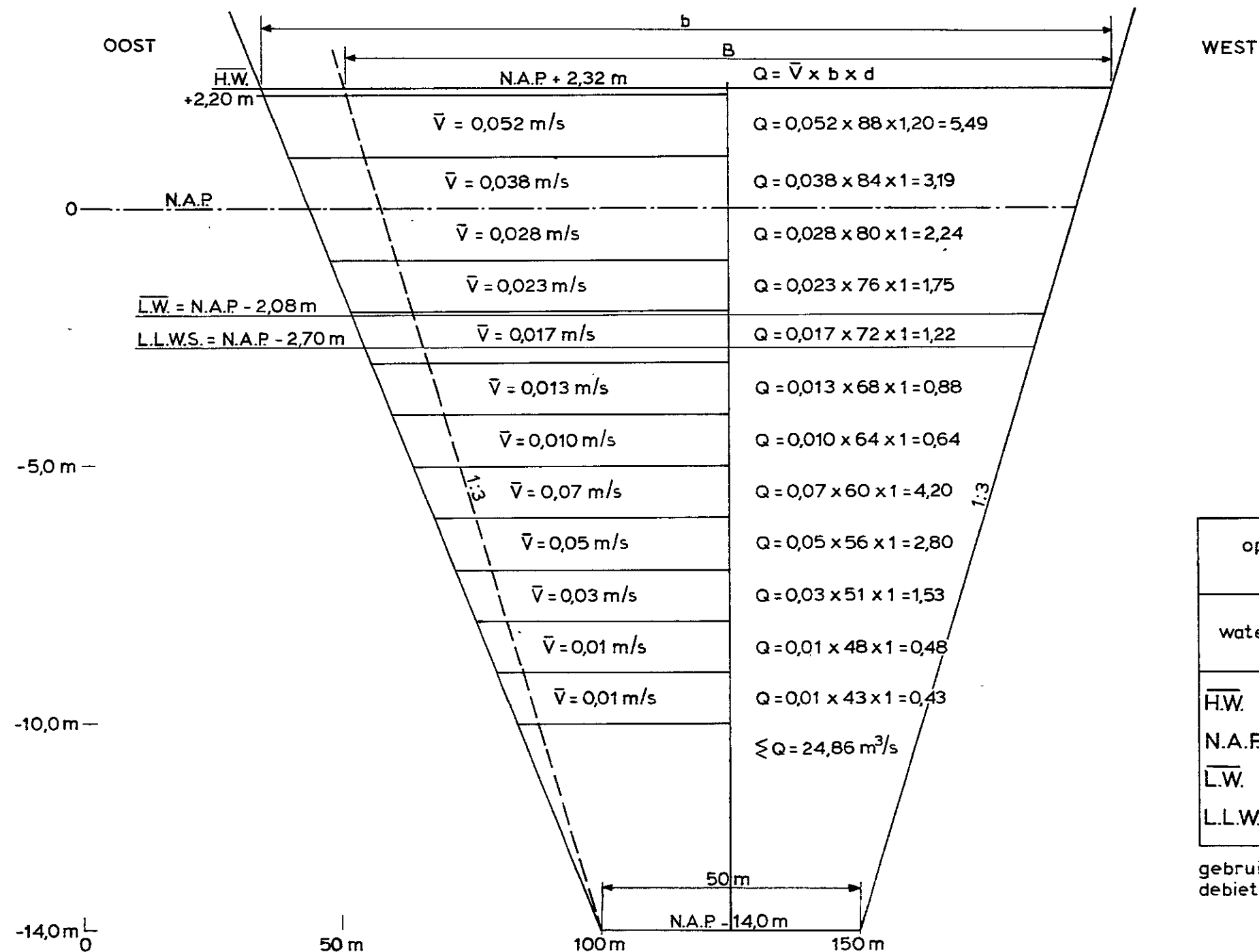
schaal

akk.

dth

A1

nr. 82. 27



oppervlakte doorsnede haveningang bij — meest smalle gedeelte —			
waterstand	water- diepte h [m]	natte doorsnede A [m ²]	breedte B [m]
H.W. 2,32 +	16,32	1745	148
N.A.P.	14,00	1380	134
L.W. 2,08 -	11,92	1090	121
L.L.W.S. 2,70 -	11,30	1010	118

gebruikt voor berekening uitwisselings-
debiet t.g.v. dichtheidsverschillen

toelichting:

b = breedte haveningang, waar stroomsnelheids-
verticaal - ingaand - geldt als functie van de diepte [m]

d = waterschijf van ca. 1 m [m]

$\bar{V}$ = gem. stroomsnelheid t.g.v. uitwisseling - ingaand - bij
max. vloedstroom als functie van de diepte

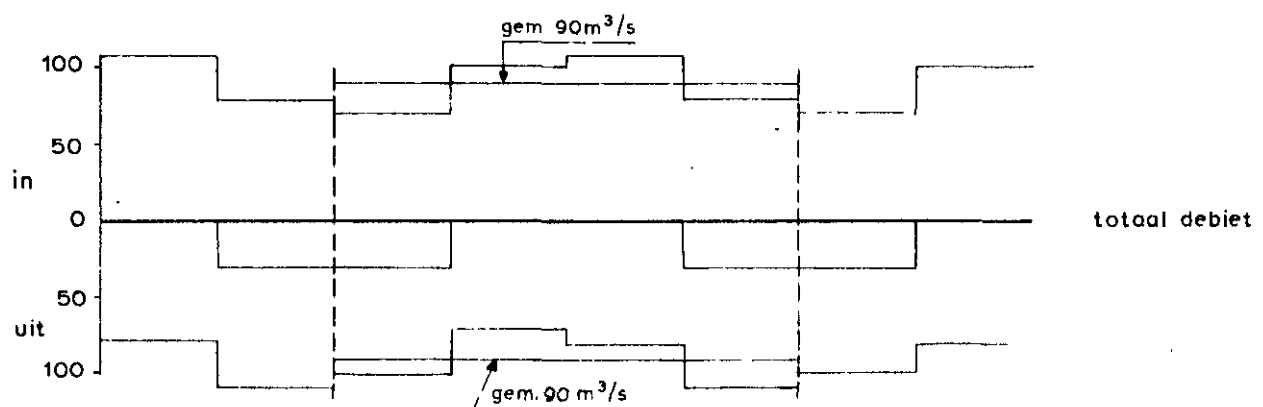
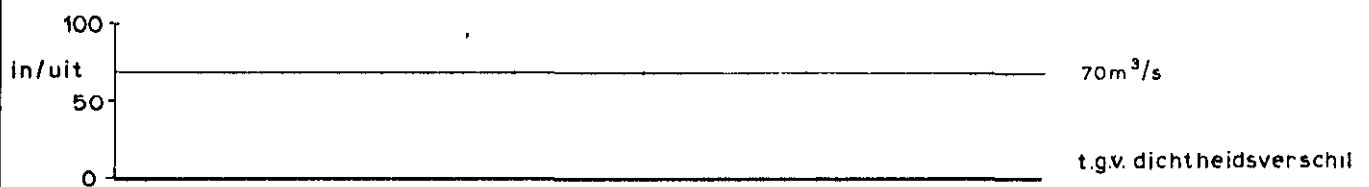
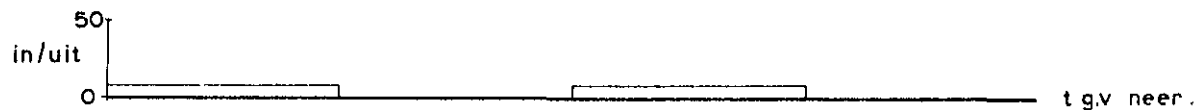
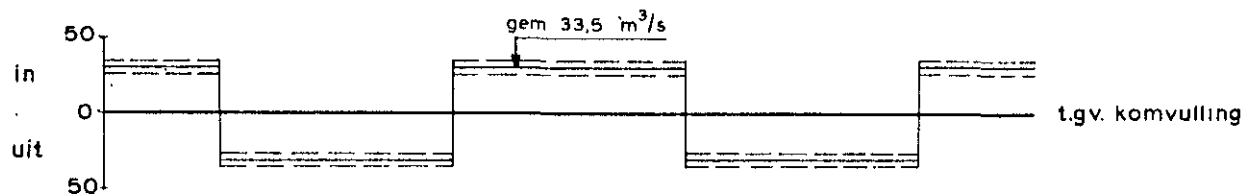
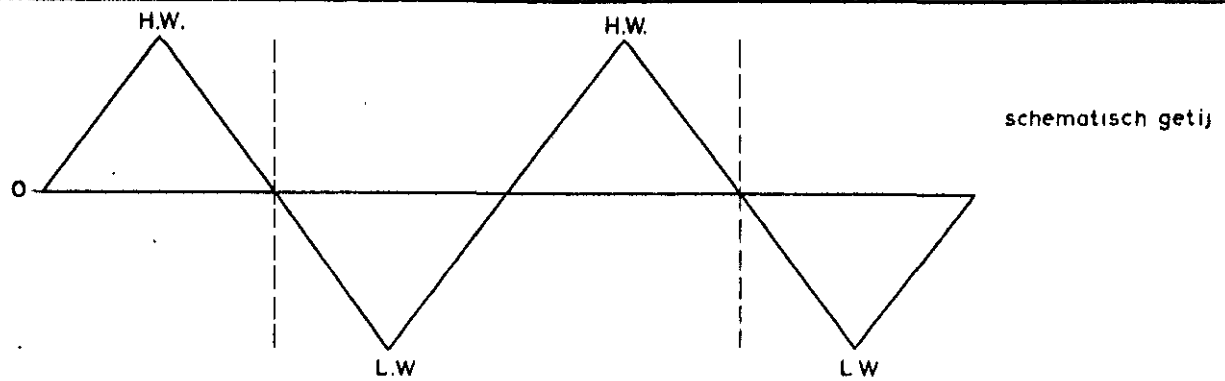
Q = debiet ingaand tijdens max. vloedstroom
t.g.v. uitwisseling door neer [m³/s]

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerschelde
natte doorsnede haveningang (meest buitengelegen zijde)
van bouwdok w.o.v. en berekening debiet t.g.v. neer

get.	MK.	bijl. 4	
gec.	E.		
gez.	le	schaal	
akk.	akk.	A 2	nr. 82. 28


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

get. k.b.

bijl. 5

gec. E

gez. V

schaal

westerschelde

totaal uitwisselingsdebiet - bouwdok - (benadering ϕ 32)

akk. M

A1

nr. 82.29